



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 101 35 286.7

Anmeldetag: 19. Juli 2001

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Überbrückung von kurzzeitigen Netzausfällen bei einem Matrixumrichter

IPC: H 02 H, H 02 J, H 02 M

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 17. Dezember 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Agurks

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur Überbrückung von kurzzeitigen Netzausfällen bei einem Matrixumrichter

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Überbrückung von kurzzeitigen Netzausfällen bei einem Matrixumrichter mit mehreren netzseitigen Kommutierungskondensatoren und einer netzseitigen Schaltereinheit und auf eine Vorrichtung zur

10 Durchführung dieses Verfahrens.

Bei Einzelantrieben soll nach vorübergehenden Netzausfällen die Solldrehzahl möglichst schnell wieder erreicht werden. Ohne Zusatzmaßnahmen ergeben sich lange Wiederanlaufzeiten, dadurch, dass die Signalverarbeitung wieder hoch laufen und neu initialisiert werden und der Motor neu erregt werden müssen. Bei mehreren Antrieben, die mechanisch koordinierte Bewegungen ausführen müssen, geht bei einem Netzausfall ohne Zusatzmaßnahmen die Steuerbarkeit der Antriebe verloren, wodurch die Mechanik beschädigt werden kann.

15

20

Das beschriebene Problem kann beispielsweise mittels einer unterbrechungsfreien Stromversorgungs-Anlage, die auch als USV-Anlage bezeichnet wird, behoben werden. Mittels einer solchen USV-Anlage wird unabhängig vom Zustand des speisenden Netzes ein sicheres Netz aufgebaut, an dem der Einzelantrieb oder mehrere miteinander mechanisch verknüpfte Antriebe angeschlossen werden können. Eine derartige Lösung ist für Einzelantriebe bzw. eines Mehrmotorenantriebs aufwendig und sehr kostspielig.

25

30

Auf dem Gebiet der Umrichtertechnik mit Spannungszwischenkreis ist eine Option bekannt, die stromrichtergespeiste Antriebe vor kurzzeitigen Netzausfällen schützt. Diese Option ist als sogenannte kinetische Pufferung bekannt.

35

Bei einem Einzelantrieb wird der Antrieb bei einem Netzausfall so weit durch Abbremsen in den generatorischen Bereich gefahren, dass die Verluste des Motors und des Umrichters aus der kinetischen Energie des Motors und der angekoppelten Arbeitsmaschine gedeckt werden. Dies geschieht mit Hilfe eines Reglers, der die Zwischenkreisspannung auf einen festen Wert, beispielsweise 80 % des Nennwertes, regelt. Stellgröße ist der Drehmoment-Sollwert oder bei feldorientierter Regelung ein Zusatz zum Drehzahl-Sollwert oder bei Antrieben mit U/f-Kennliniensteuerung ein Zusatz zum Frequenzsollwert. Die Spannungsversorgung der Signalverarbeitung wird entweder separat aus einer sicheren Quelle oder aus dem Gleichspannungszwischenkreis erzeugt. Auf diese Weise bleiben Signalverarbeitung und Regelung aktiv, wodurch der Motor erregt bleibt, so dass dieser unmittelbar nach Wiederkehr der Netzspannung wieder auf die Soll-drehzahl beschleunigt werden kann.

Bei mehreren verkoppelten Antrieben sind alle Zwischenkreise miteinander verbunden, so dass ein Energieaustausch zwischen ihnen erfolgt. Bei einem Netzausfall wird das Drehzahlniveau aller Antriebe insgesamt abgesenkt, um den Energiebedarf zu decken. Die erforderlichen Drehzahlrelationen oder Winkelbeziehungen zwischen den einzelnen Antrieben bleiben erhalten, bis die Netzspannung wiederkehrt oder die Anlage steht. Die Spannungsversorgung der Signalverarbeitung geschieht wie bei Einzelantrieben beschrieben. Die Zwischenkreisspannung wird auf einen Wert unterhalb des Nennwertes geregelt. Stellgröße ist der Hauptgeschwindigkeits-Sollwert der Anlage.

Diese Option "kinetische Pufferung" ist in der Anwendung beschränkt auf Umrichter mit einem Gleichspannungszwischenkreis bzw. einem Gleichstromzwischenkreis. Bei Matrixumrichtern lässt sich diese Option aufgrund des fehlenden Zwischenkreises nicht anwenden.

Bei einem Einzelantrieb ist ein Motor steuernder Ma-

trixumrichter über ein optionales Netzfilter bzw. EMV-Filter an ein speisendes Netz angeschlossen. Dieses Netzfilter wird beispielsweise aus Leitungsdrösseln und Kommutierungskondensatoren, die an den Eingangsklemmen des Matrixumrichters angeschlossen sind, realisiert. Die Kommutierungskondensatoren, die in Dreieck oder Stern geschaltet sein können, sind für den Betrieb des Matrixumrichters unerlässlich. Auf die in den Zuleitungen eingefügten Drösseln kann unter Umständen verzichtet werden.

10

Bei einem Mehrachsenantrieb werden beispielsweise mehrere der oben beschriebenen Einzelantriebe an einem speisenden Netz betrieben. D.h., jeder Matrixumrichter weist eingangsseitig Kommutierungskondensatoren und Drösseln auf. Um die Anzahl der Drösseln zu reduzieren kann man die Matrixumrichter auch an den Kommutierungskondensatoren elektrisch parallel schalten. Bei dieser Schaltungsvariante werden bei einem dreiphasigen speisenden Netz nur drei Drösseln benötigt.

15

20 Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Überbrückung kurzzeitiger Netzausfälle bei einem Matrixumrichter anzugeben.

25

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. 13 gelöst.

30

35

Gemäß diesem erfindungsgemäßen Verfahren wird bei einem ermittelten Netzausfall der Matrixumrichter vom speisenden Netz getrennt und dieser während eines Pufferbetriebes derart geregelt, dass sich an seinem Eingang ein Kondensatorspannungs-Istraumzeiger einstellt, dessen Amplitude und Phasenwinkel jeweils einen vorbestimmten Wert einnimmt. Bei Wiederkehr der Netzspannung wird dieser eingestellte Kondensatorspannungs-Istraumzeiger während eines Synchronisierbetriebes einem ermittelten Netzspannungs-Istraumzeiger solange nachgeführt bis diese zusammenfallen, wobei dann der Matrixumrichter wieder an das speisende Netz geschaltet wird.

Eine Voraussetzung für das erfindungsgemäße Verfahren ist eine bedienbare Trennstelle zwischen dem speisenden Netz und dem Matrixumrichter. Diese Trennstelle muss bei einem ermittelten Netzausfall geöffnet und bei Netzwiederkehr und erfolgter Synchronisation wieder geschlossen werden.

Außerdem macht das erfindungsgemäße Verfahren von der Tatsache Gebrauch, dass bei einem Matrixumrichter der Leistungsfaktor bzw. der Blindstrom auf der Netzseite in gewissen Grenzen frei einstellbar ist. Diese Regelung des eingangsseitigen Blindstromes oder des Leistungsfaktors des Matrixumrichters ist eine Stellgröße für die Regelung des Kondensatorspannungs-Raumzeigers während des Pufferbetriebes und während des Synchronisationbetriebes des erfindungsgemäßen Verfahrens. Eine zweite Stellgröße für die Regelung des Kondensatorspannungs-Raumzeigers ist ein Eingriff, mit dem die Drehzahl des am Matrixumrichter angeschlossenen Motors beeinflusst werden kann. Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Spannung an den Kommutierungskondensatoren so geregelt, dass während des Netzausfalls die Summe der Energieinhalte der Kommutierungskondensatoren auf einen konstanten Wert gehalten wird und dass nach Netzwiederkehr die Kondensatorspannung auf die Netzspannung des speisenden Netzes gedreht wird.

Mittels dieses erfindungsgemäßen Verfahrens zur Überbrückung kurzzeitiger Netzausfälle gibt es nun auch die Option "kinetische Pufferung" bei einem Matrixumrichter, wodurch ein entscheidender Nachteil dieser Umrichtertopologie behoben ist.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens weist Einrichtungen zum Erfassen eines Kondensatorspannungs- und eines Netzspannungs-Raumzeigers, einen Spannungs- und Phasenwinkelregelkreis, eine Netzüberwachungseinrichtung, mehrere Umschalter und eine Ablaufsteuereinrichtung auf. Diese Ablaufsteuereinrichtung betätigt die Umschalter, wodurch zwischen den Betriebsarten

Normal-, Puffer- und Synchronisierbetrieb gewechselt werden kann. Die genannten Einrichtungen werden zur Zustandserfassung des Netzes und des Matrixumrichters benötigt, wobei die Einrichtung zur Erfassung des Netzspannungs-Iststromzeigers
5 lediglich als Initialeinrichtung für die kinetische Pufferung vorgesehen ist.

Bei einem vorteilhaften Verfahren wird jeweils eine Blindstromstellgröße für den Puffer- und -Synchronisierbetrieb
10 fest vorgegeben. Die Einrichtung zur Erfassung des Netzstrom-Raumzeigers und des nachgeschalteten Blindstromregelkreises sind auch bei einem Matrixumrichter ohne kinetische Pufferung, jedoch mit der Möglichkeit der Leistungsfaktorregelung, vorhanden. Somit vereinfacht sich der Aufwand für das erfindungsgemäße Verfahren.
15

Bei einer zugehörigen vorteilhaften Vorrichtung werden anstelle eines Phasenwinkelregelkreises Vorsteuerwerte verwendet, die mittels eines Umschalters in Abhängigkeit der Betriebsart als Stellgröße der Steuer- Regeleinrichtung des
20 Matrixumrichters zugeführt werden.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Zeichnung Bezug genommen, in der mehrere Ausführungsbeispiele einer
25 Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens schematisch veranschaulicht sind.

FIG 1 zeigt ein Blockschaltbild eines Einzelantriebs, in
FIG 2 ist ein Signalflussplan einer Regelung für einen Einzelantrieb nach FIG 1 dargestellt, die
30 FIG 3 zeigt einen Signalflussplan einer vorteilhaften Regelung für einen Einzelantrieb nach FIG 1, in der
FIG 4 ist ein Blockschaltbild eines Mehrachsenantriebs dargestellt, wobei die
35 FIG 5 den Signalflussplan einer zugehörigen Regelung eines Mehrachsenantriebs darstellt, und die

FIG 6 zeigt ein Blockschaltbild einer Variante eines Mehrachsenantriebs, wobei die
FIG 7 dessen zugehörige Regelung als Signalflussplan darstellt.

5

Im Blockschaltbild gemäß FIG 1 sind mit 2 ein Matrixumrichter und mit 4 eine zugehörige Steuer- und Regeleinrichtung, mit 6 eine Kommutierungskondensatorschaltung, mit 8 eine Drosselschaltung, mit 10 eine Schaltereinheit, mit 12 ein speisendes Netz, mit 14 eine Spannungsversorgungseinrichtung und mit 16 ein anzutreibender Motor bezeichnet. Der Matrixumrichter 2 ist ausgangsseitig mit Anschlüssen des Motors 16 und eingangsseitig mit der Kommutierungskondensatorschaltung 6 verknüpft. Diese Kommutierungskondensatorschaltung 6 weist drei Kommutierungskondensatoren C1, C2 und C3 auf, die hier in Dreieck geschaltet sind. Diese Kommutierungskondensatoren C1, C2 und C3 können auch in Stern geschaltet werden. Dieser Kommutierungskondensatorschaltung 6 ist die Drosselschaltung 8 vorgeschaltet, die eingangsseitig mittels der Schaltereinheit 10 mit dem speisenden Netz 12 verbindbar ist. Die Drosselschaltung 8 weist drei Induktivitäten L1, L2 und L3 auf, die jeweils in einer Zuleitung angeordnet sind. Die Schaltereinheit 10 weist drei Schalter S1, S2 und S3 auf, mit denen die Zuleitungen vom speisenden Netz 12 zur Drosselschaltung 8 aufgetrennt werden können. Die Spannungsversorgungseinheit 14 ist eingangsseitig mit den Ausgängen der Schaltereinheit 10 und ausgangsseitig mit einem Versorgungsanschluss der Steuer- und Regeleinrichtung 4 des Matrixumrichters 2 verbunden. Dieser Steuer- und Regeleinrichtung 4 sind wenigstens zwei gemessene Netzphasenspannungen u_{N2} und u_{N3} und gemessene Kondensatorspannungen u_{C1} , u_{C2} und u_{C3} zugeführt. Es kann auch noch die gemessene Netzphasenspannung u_{N1} zugeführt werden. Diese Kondensatorspannungen u_{C1} , u_{C2} und u_{C3} werden an den Eingängen des Matrixumrichters 2 gemessen, die somit die Eingangsspannungen des Matrixumrichters 2 darstellen. Außerdem stehen an zwei weiteren Eingängen ein gemessener Drehzahl-Istwert $n_{\text{meß}}$ und ein vorbestimmter Drehzahl-Sollwert n^* an. Ferner werden

in der dargestellten Ausführungsform dieser Steuer- und Regeleinrichtung 4 gemessene Netzströme i_{N1} , i_{N2} und i_{N3} zugeführt. Ausgangsseitig ist diese Steuer- und Regeleinrichtung 4 mittels Steuerleitungen mit Steuereingängen des Matrixumrichters 2 und mit einem Steuereingang der Schaltereinheit 10 verknüpft. Die Drosselschaltung 8 und die Kommutierungskondensatorschaltung 6 bilden zusammen ein Netzfilter.

Im Normalbetrieb sind die Schalter S1, S2 und S3 der Schaltereinheit 10 geschlossen. D.h., diese Schalter S1, S2 und S3 sind in der Stellung N, wie Normalbetrieb, geschaltet. Als Schalter S1, S2 und S3 sind jeweils schnelle Schalter vorzusehen, damit bei einem Netzausfall der Matrixumrichter 2 umgehend vom Netz 12 getrennt werden kann. Als schneller Schalter S1, S2 und S3 können Halbleiterschütze vorgesehen sein. Durch diese schnelle Trennung des Matrixumrichters 2 mit der eingangsseitigen Kommutierungskondensatorschaltung 6 wird erreicht, dass die Energieinhalte der Kondensatoren C1, C2 und C3 der Kommutierungskondensatorschaltung 6 sich unwesentlich zum Zeitpunkt vor der Trennung verringert haben. Somit entspricht ein ermittelter Kondensatorspannungs-Istraumzeiger $\underline{u}_{Cme\beta}$ kurz vor einem Netzausfall einem ermittelten Kondensatorspannungs-Istraumzeiger $\underline{u}_{Cme\beta}$ kurz nach der Trennung. D.h., in Verbindung mit den schnellen Schaltern S1, S2 und S3 hat sich der Eingangsspannungs-Istraumzeiger $\underline{u}_{Cme\beta}$ kurz nach der Trennung nur unwesentlich gegenüber einem Eingangsspannungs-Istraumzeiger $\underline{u}_{Cme\beta}$ zum Zeitpunkt kurz vor der Trennung geändert. Dieser Eingangsspannungs-Istraumzeiger $\underline{u}_{Cme\beta}$ ist der Netzspannung-Raumzeiger $\underline{u}_{netzme\beta}$ mit Nennamplitude u_{Nenn} . Während des Pufferbetriebes, gekennzeichnet durch ein P, wird der Motor 16 derart gesteuert, dass dieser Nennwert u_{Nenn} der Netzamplitude aufrechterhalten wird, damit bei Netzwiederkehr nur noch der Eingangsspannungs-Istraumzeiger $\underline{u}_{Cme\beta}$ auf den ermittelten Netzspannungs-Istraumzeiger $\underline{u}_{netzme\beta}$ gedreht werden muss. Sind die beiden Raumzeiger $\underline{u}_{Cme\beta}$ und $\underline{u}_{netzme\beta}$ deckungs-

gleich, ist der Synchronisierbetrieb abgeschlossen und es wird in den Normalbetrieb gewechselt.

Die FIG 2 zeigt den Signalflussplan der Steuer- und Regeleinrichtung 4 nach FIG 1. Diese Steuer- und Regeleinrichtung 4 weist zunächst eine Regeleinheit 18 und eine Steuereinheit 20 auf. Der Regeleinheit 18 ist ein überlagerter Drehzahlregelkreis 22 vorgeschaltet, der dieser Regeleinheit einen Drehmoment-Sollwert m^* zuführt. Der Drehzahlregelkreis 22 besteht aus einem Drehzahlregler 24 und einem Vergleicher 26, der einen gemessenen Drehzahl-Istwert $n_{\text{meß}}$ mit einem vorbestimmten Drehzahl-Sollwert n^* vergleicht. Außerdem weist diese Steuer- und Regeleinrichtung 4 eine Einrichtung 28 zum Erfassen eines Netzstrom-Istromzeigers $i_{\text{netzmeß}}$, einen Blindstromregelkreis 30 und eine Einrichtung 32 zum Erfassen eines Netzspannungs-Istromzeigers $u_{\text{netzmeß}}$ auf. Die Einrichtung 28 und der nachgeschaltete Blindstromregelkreis 30 sind für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens nicht erforderlich. Diese beiden Einrichtungen 28 und 30 sind eine Möglichkeit im Normalbetrieb N eine dritte Stellgröße für die Steuereinheit 20 zu generieren. Ein Phasenwinkel-Ausgang einer Einrichtung 32 zum Erfassen eines Netzspannungs-Istromzeigers $u_{\text{netzmeß}}$ ist mit einem Winkelstelleingang der Einrichtung 28 zum Erfassen eines Netzstrom-Istromzeigers $i_{\text{netzmeß}}$ verknüpft.

Die Einrichtung 28 weist einen Koordinatenwandler 34 mit nachgeschalteten Vektordreher 36 auf. Der nachgeschaltete Blindstromregelkreis 30 weist einen Regler 38 und einen Vergleicher 40 auf. Die Einrichtung 32 zum Erfassen eines Netzspannungs-Istromzeigers $u_{\text{netzmeß}}$ weist ebenfalls einen Koordinatenwandler 42 auf, dem ein weiterer Koordinatenwandler 44 nachgeschaltet ist. An den Eingängen des eingangsseitigen Koordinatenwandlers 34 bzw. 42 der Einrichtung 28 bzw. 32 stehen wenigstens zwei gemessene Werte i_{N1} , i_{N2} bzw. u_{N2} , u_{N3} an. Es ist auch möglich, dass alle drei gemessenen Netzstromwerte i_{N1} , i_{N2} , i_{N3} bzw. Netzphasenspannungen u_{N1} , u_{N2} , u_{N3} dem

korrespondierenden Koordinatenwandler 34 bzw. 42 zugeführt werden.

5 Mittels dieser Koordinatenwandler 34 und 42 wird jeweils ein Dreiphasensystem in ein orthogonales Zweiphasensystem gewandelt. An den beiden Ausgängen des Koordinatenwandlers 34 bzw. 42 stehen die orthogonalen Komponenten $i_{N\alpha}$ und $i_{N\beta}$ bzw. $u_{N\alpha}$ und $u_{N\beta}$ eines mit der Netzfrequenz f_N umlaufenden Netzstrom-Ist-raumzeigers $\underline{i}_{\text{netzme\ss}}$ bzw. Netzspannungs-Istraumzeigers $\underline{u}_{\text{netzme\ss}}$ an.

10 Mittels des nachgeschalteten weiteren Koordinatenwandlers 44 werden die orthogonal umlaufenden Komponenten $u_{N\alpha}$ und $u_{N\beta}$ des Netzspannungs-Istraumzeigers $\underline{u}_{\text{netzme\ss}}$ in polare Komponenten Amplitude $u_{\text{netz me\ss}}$ und Phasenwinkel γ_{netz} des Netzspannungs-Istraumzeigers $\underline{u}_{\text{netzme\ss}}$ gewandelt. Mit Hilfe dieser polaren Kom-
15 ponente Phasenwinkel γ_{netz} des Netzspannungs-Istraumzeigers $\underline{u}_{\text{netzme\ss}}$ und des Vektordrehers 36 der Einrichtung 28 zum Erfassen eines Netzstrom-Istraumzeigers $\underline{i}_{\text{netzme\ss}}$ werden die beiden umlaufenden orthogonalen Stromkomponenten $i_{N\alpha}$ und $i_{N\beta}$ in zwei ruhende Stromkomponenten i_w und i_μ eines mit dem umlaufenden
20 Netzspannungs-Raumzeiger $\underline{u}_{\text{netzme\ss}}$ umlaufenden Koordinatensystems gewandelt. D.h., der Netzstrom-Istraumzeiger $\underline{i}_{\text{netzme\ss}}$ ist auf den Netzspannungs-Istraumzeiger $\underline{u}_{\text{netzme\ss}}$ abgebildet.

25 Bei diesen beiden Stromkomponenten i_w und i_μ handelt es sich um eine Komponente in Richtung des Netzspannungs-Raumzeigers $\underline{u}_{\text{netzme\ss}}$ und um eine Komponente senkrecht zur Richtung des Netzspannungs-Raumzeigers $\underline{u}_{\text{netzme\ss}}$. Aus diesen Gründen wird die Komponente i_w als Wirkstrom und die Komponente i_μ als Blindstrom bezeichnet. Diese ermittelte Blindstromkomponente i_μ
30 des Netzstrom-Istraumzeigers $\underline{i}_{\text{netzme\ss}}$ wird in dem nachgeschalteten Blindstromregelkreis 30 auf einen vorbestimmten Blindstrom-Sollwert i_μ^* geregelt. Die am Ausgang des Reglers 38 anstehende Stellgröße wird einem dritten Eingang der Steuereinheit 20 zugeführt.

Zwei weitere Eingänge dieser Steuereinheit 20 sind mit einem Ausgang eines Glättungsfilter 46 und einem Phasenausgang einer Einrichtung 48 zum Erfassen eines Kondensatorspannungs-Istraumzeigers $\underline{u}_{Cme\beta}$ verknüpft. Dieser Kondensatorspannungs-Istraumzeiger $\underline{u}_{Cme\beta}$ wird aus gemessenen Kondensatorspannungen u_{c2} und u_{c3} bzw. u_{c1} , u_{c2} und u_{c3} mittels der Einrichtung 48 zum Erfassen eines Kondensatorspannungs-Istraumzeigers $\underline{u}_{Cme\beta}$ in Abhängigkeit seines Phasenwinkels γ_c ermittelt. Dazu weist diese Einrichtung 48 einen Koordinatenwandler 50 und einen Vektordreher 52 auf, der dem Koordinatenwandler 50 nachgeschaltet ist. Mittels dieses Koordinatenwandlers 50 werden aus den gemessenen Kondensatorspannungen u_{c1} , u_{c2} und u_{c3} zwei orthogonale umlaufende Spannungskomponenten $u_{c\alpha}$ und $u_{c\beta}$ generiert. Diese werden in Abhängigkeit des Phasenwinkels γ_c des ermittelten umlaufenden Kondensatorspannungs-Istraumzeigers $\underline{u}_{Cme\beta}$ in zwei ruhende polare Spannungskomponenten gewandelt. Die polare Komponente Amplitude u_c wird mittels des Glättungsfilters 46 geglättet. Die polare Komponente Phasenwinkel γ_c wird ebenfalls mittels eines Vektorphasenregelkreises 54 geglättet. Dieser Vektorphasenregelkreises 54 weist einen Regler 56, einen Integrator 58 und einen Addierer 60 auf. Am Addierer 60 steht außerdem ein Nennwert f_{nenn} der Netzfrequenz f_N an, damit sich der Phasenwinkel γ_c entsprechend weiterverändert (umlaufender Zeiger). Diese geglätteten polaren Komponenten u_c und γ_c des Eingangsspannungs-Istraumzeigers $\underline{u}_{Cme\beta}$ des Matrixumrichters 2 werden für die Berechnung der Steuersignale S_v des Matrixumrichters 2 benötigt.

Damit diese Steuer- und Regeleinrichtung 4 auch zur Überbrückung kurzzeitiger Netzausfälle verwendet werden kann, muss zunächst festgestellt werden, ob ein Netzausfall vorliegt.

Ein Netzausfall wird mittels einer Netzspannungsüberwachungseinrichtung 62 ermittelt, die dem Amplituden-Ausgang der Einrichtung 32 zum Erfassen eines Netzspannungs-Istraumzeigers $\underline{u}_{netzme\beta}$ nachgeschaltet ist. Diese Netzspannungsüberwachungseinrichtung 62 weist einen proportional-integral wirkenden

Regler 64, der auch als PI-Regler bezeichnet wird, einen Vergleichler 66 und einen Addierer 68 auf. Mittels dieser Überwachungseinrichtung 62 wird festgestellt, ob die Amplitude $u_{\text{netz meß}}$ des Netzspannungs-Istromzeigers $\underline{u}_{\text{netzmeß}}$ unter eine

5 vorbestimmte untere Toleranzgrenze fällt. Dazu wird eine Amplitudenabweichung Δu_{netz} ermittelt, die einer Ablaufsteuereinrichtung 70 zugeführt wird. Übersteigt diese ermittelte Amplitudenabweichung Δu_{netz} einen vorbestimmten Wert, schaltet die Ablaufsteuereinrichtung 70 von Normalbetrieb N auf
10 Pufferbetrieb P um. Aufgrund einer positiven Feststellung wird mit einem Ausgangssignal in den Pufferbetrieb P gewechselt. D.h., alle Umschalter 80, 82 und 84 werden in die Stellung P geschaltet und alle mit P gekennzeichneten Regler werden frei gegeben.

15 Damit Schwankungen des Netzspannungs-Istromzeigers $\underline{u}_{\text{netzmeß}}$ nicht die Projektion des Netzstrom-Istromzeigers $\underline{i}_{\text{netzmeß}}$ auf den Netzspannungs-Istromzeiger $\underline{u}_{\text{netzmeß}}$ beeinflussen, wird der Phasenwinkel γ_{netz} des Netzspannungs-Istromzeigers $\underline{u}_{\text{netzmeß}}$ mittels eines Vektorregelkreises 72 geglättet. Dieser zweite
20 Vektorregelkreis 72 weist ebenfalls einen Regler 74, einen Integrator 76, einen Vergleichler und einen Addierer 78 auf. An einem Eingang dieses Addierers 78 steht der Nennwert f_{nenn} der Netzfrequenz f_N an.

25 Zu diesen mit P gekennzeichneten Regler gehören ein Regler 86 eines Spannungsregelkreises 88 und ein Regler 90 eines Phasenwinkelregelkreises 92. Der Spannungsregelkreis 88 weist neben dem Regler 86 noch einen Vergleichler 94 auf, an dessen
30 invertierenden Eingang die Amplitude u_c des Kondensatorspannungs-Istromzeigers $\underline{u}_{C\text{meß}}$ und an dessen nichtinvertierenden Eingang ein vorbestimmter Amplitudenwert, beispielsweise der Nennwert u_{Nenn} der Netzamplitude, anstehen. Der Phasenwinkelregelkreis 92 weist ebenfalls einen Vergleichler 96 auf, an
35 dessen invertierenden Eingang der geglättete Phasenwinkel γ_c des Kondensatorspannungs-Istromzeigers $\underline{u}_{C\text{meß}}$ und an dessen nichtinvertierenden Eingang der geglättete Phasenwinkel γ_{netz}

des Netzspannungs-Istraumzeigers $\underline{u}_{\text{netzmeß}}$ anstehen. Die mittels der Vergleicher 94 und 96 ermittelten Abweichungen Δu_c und Δy werden nicht nur den jeweiligen nachgeschalteten Reglern 86 und 90 zugeführt, sondern ebenfalls der Ablaufsteuereinrichtung 70, die diese Werte auswertet. Damit die Spannungs- und Phasenwinkelregelung möglichst schnell einschwingt, werden die Regler 86 und 90 vorgesteuert. Dazu weisen diese Regler 86 und 90 jeweils eine Additionsstelle 98 bzw. 100 auf. Der Vorsteuerwert für den Spannungsregler 86 ist ein zu erwartender Verlustleistungswert $P_{\text{puff vor}}$ des Matrixumrichters 2. Ausgangsseitig ist diese Additionsstelle 98 mit einem Dividierer 102 verbunden, der ausgangsseitig mit einem Eingang des Umschalters 80 verknüpft ist. Dieser Dividierer dient lediglich zur Linearisierung der Regelstrecke und zur Vorzeichenumkehr bei Drehrichtungsumkehr. Am Nennereingang steht der gemessene Drehzahl-Istwert $n_{\text{meß}}$ an.

Der zweite Eingang dieses Umschalters 80 ist mit dem Ausgang des Drehzahlreglers 24 verbunden. Ausgangsseitig ist dieser Umschalter 80 mit einem Stelleingang der Regeleinheit 18 verbunden, die einen Motorspannungs-Sollraumzeiger \dot{u}_{motor} generiert, aus dem anschließend von der Steuereinheit 20 in Abhängigkeit der polaren Komponenten u_c und γ_c des Kondensatorspannungs-Istraumzeigers $\underline{u}_{\text{Cmeß}}$ und einer Stellgröße für den Leistungsfaktor Steuersignale S_v für die abschaltbaren Halbleiterschalter des Matrixumrichters 2 generiert werden.

Die Stellgröße für den Leistungsfaktor wird während des Pufferbetriebes P nicht mehr mittels des Blindstromregelkreises 30 generiert, sondern mittels des Phasenregelkreises 92. Dieser Phasenregelkreis 92 weist zwischen dem eingangsseitigen Vergleicher 96 und dem Regler 90 den Umschalter 82 auf, mittels dessen eine ermittelte Phasenwinkelabweichung Δy oder ein Phasenwinkel γ_c des ermittelten Kondensatorspannungs-Istraumzeigers $\underline{u}_{\text{Cmeß}}$ auf den Reglereingang gegeben werden kann.

Die Ausgänge des Blindstromreglers 38 und des vorgesteuerten Phasenwinkelreglers 90 sind jeweils mit einem Eingang des Um-

schalters 84 verbunden, der ausgangsseitig mit einem Eingang der Steuereinheit 20 für die Stellgröße für den Leistungsfaktor verknüpft ist. Während des Pufferbetriebes P wird der Phasenwinkel γ_c des ermittelten Kondensatorspannungs-Istraumzeigers $\underline{u}_{Cme\beta}$ geregelt. D.h., der Phasenwinkel γ_c des Kondensatorspannungs-Istraumzeigers $\underline{u}_{Cme\beta}$ wird so geregelt, dass dieser sich dem Nennwert f_{nenn} der Netzfrequenz f_N entsprechend weiter verändert (umlaufender Zeiger). Der Vorsteuerwert des Phasenwinkelreglers 90 ist ein zu erwartender Blindstrom, der vom Wert der Kommutierungskondensatoren C1, C2 und C3, vom Wert der Amplitude u_{Nenn} des geregelten Kondensatorspannungs-Istraumzeigers $\underline{u}_{Cme\beta}$ und von der Netzkreisfrequenz ω_N abhängig ist.

Somit wird während des Pufferbetriebes P der Kondensatorspannungs-Istraumzeiger $\underline{u}_{Cme\beta}$ auf einen kurz vor dem Netzausfall ermittelten Netzspannungs-Istraumzeiger $\underline{u}_{netzme\beta}$ geregelt, der mit dem Nennwert der Netzfrequenz weitergedreht wird. Die Zeitspanne für die Überbrückung eines Netzausfalls hängt von der Schwungmasse des Antriebs ab. Kommt der Antrieb zum Stehen, weil die gesamte kinetische Energie aufgebraucht ist, bricht die Kondensatorspannung $\underline{u}_{Cme\beta}$ zusammen, wodurch sich der Antrieb mit Störung "Netzspannungsausfall" abschaltet.

Während des Pufferbetriebs P wird das Netz 12 auf Wiederkehr der Netzspannung überwacht. Dies wird von der Ablaufsteuer-einrichtung 70 in Abhängigkeit der ermittelten Amplitudenabweichung Δu_{netz} der Netzspannung durchgeführt. Unterschreitet diese Amplitudenabweichung Δu_{netz} einen vorbestimmten Wert, so ist dies das Zeichen für die Wiederkehr der Netzspannung. Sobald dies erkannt worden ist, steuert die Ablaufsteuereinrichtung 70 die Umschalter 80, 82 und 84 so, dass diese in die Stellung S für Synchronisierbetrieb S gelangen. Außerdem werden alle mit S gekennzeichneten Regler frei gegeben. Durch diese Schalthandlungen wird vom Pufferbetrieb P in den Synchronisierbetrieb S gewechselt.

Der Unterschied des Synchronisierbetriebs S zum Pufferbetrieb P besteht darin, dass im Phasenregelkreis 92 nun eine ermittelte Phasenwinkelabweichung $\Delta\gamma$ zwischen dem Phasenwinkel γ_{netz} des Netzspannungs-Istraumzeigers $\underline{u}_{\text{netzmeß}}$ und dem Phasenwinkel γ_c des Kondensatorspannungs-Istraumzeigers $\underline{u}_{C\text{meß}}$ verwendet wird. Die Amplitude u_c und der Phasenwinkel γ_c des Kondensatorspannungs-Istraumzeigers $\underline{u}_{C\text{meß}}$ werden jetzt so geregelt, dass dieser Kondensatorspannungs-Istraumzeiger $\underline{u}_{C\text{meß}}$ mit dem Netzspannungs-Istraumzeigers $\underline{u}_{\text{netzmeß}}$ zur Deckung kommt. Das Erreichen dieses Ziels ist daran erkennbar, dass die ermittelten Amplitudenabweichung Δu_c und Phasenwinkelabweichung $\Delta\gamma$ zu Null werden. Sobald dies von der Ablaufsteuer-
einrichtung 70 ermittelt worden ist, werden die Schalter S1, S2 und S3 der Schaltereinheit 10 wieder geschlossen und die Steuer- und Regeleinrichtung 4 wechselt wieder in den Normalbetrieb. Das nachfolgende Beschleunigen auf den ursprünglichen Drehzahl-Sollwert n^* kann man weich gestalten, indem die Vorgabe des Drehzahl-Sollwertes n^* über einen nicht näher dargestellten Hochlaufgeber geschieht. Dabei wird der Hochlaufgeber beim Wechsel in den Normalbetrieb auf den augenblicklichen Drehzahl-Istwert $n_{\text{meß}}$ gesetzt.

In der FIG 3 ist ein Signalflussplan einer vorteilhaften Regelung für einen Einzelantrieb nach FIG 1 näher dargestellt. Diese vorteilhafte Regelung unterscheidet sich vom Signalflussplan der Regelung nach FIG 2 dadurch, dass anstelle einer Einrichtung 28 zum Erfassen eines Netzstrom-Istraumzeigers $\underline{i}_{\text{netzmeß}}$ mit nachgeschaltetem Blindstromregelkreis 30 Vorsteuerwerte für den Leistungsfaktor und für die Frequenz der Kondensatorspannung für die einzelnen Betriebsarten der Steuer- und Regeleinrichtung 4 des Matrixumrichters 2 verwendet werden. Die Vorsteuerwerte für den Leistungsfaktor werden mittels eines Umschalters 104 dem entsprechenden Eingang der Steuereinheit 20 zugeführt. Die Vorsteuerwerte für die Frequenz der Kondensatorspannung werden mittels eines Umschalters 106 auf einen Eingang des Vergleichers 60 des Vektorregelkreises 54 für die Glättung des Phasenwinkels γ_c des er-

mittelten Kondensatorsspannungs-Istraumzeigers $\underline{u}_{Cme\beta}$ gegeben.

Dieser Darstellung kann entnommen werden, dass die Stellgröße "cos Φ " abhängig vom Betriebszustand gesteuert vorgegeben

wird. Die Frequenz des Phasenwinkels γ_c des Kondensatorsspannungs-Istraumzeigers $\underline{u}_{Cme\beta}$ stellt sich im Pufferbetrieb und

während der Synchronisierung frei ein. Die Vorsteuerwerte f_{Puffer} , $f_{Synchron}$ und f_{nenn} für den Pufferbetrieb P, den Synchronisierbetrieb S und den Normalbetrieb N dienen einzig der Vorsteuerung des Vektorphasenregelkreises 54 zur Glättung des Phasenwinkels γ_c des ermittelten Kondensatorspannungs-Istraumzeigers $\underline{u}_{Cme\beta}$. Nach Wiederkehr der Netzspannung erfolgt

der Übergang in den Normalbetrieb N, in dem die schnellen Schalter S1, S2 und S3 der Schaltereinheit 10 zu einem vorbestimmten Zeitpunkt zugeschaltet werden. Dieser vorbestimmte

Zeitpunkt hängt von der Phasenwinkelabweichung $\Delta\gamma$ des Kondensatorspannungs-Istraumzeigers $\underline{u}_{netzme\beta}$ vom Netzspannungs-Istraumzeigers $\underline{u}_{netzme\beta}$ ab. Ein bevorzugter Zeitpunkt für die

Zuschaltung ist erreicht, wenn die Phasenwinkelabweichung $\Delta\gamma$ annähernd Null ist. Durch die gesteuerte Vorgabe des Blindstromes i_μ mittels des Vorsteuerwertes $\cos\Phi_{synchron}$ entsprechend einer Frequenz $f_{synchron}$ lässt sich die Anforderung an die Geschwindigkeit bzw. Genauigkeit des Zuschaltens reduzieren. Die Synchronzeitpunkte zum Zuschalten der Schalter S1, S2 und S3 treten dann allerdings seltener auf.

Ein wesentlicher Vorteil dieser Regelung besteht in der einfacheren Signalverarbeitung, wodurch jedoch der Synchronisierbetrieb S länger wird und das Zuschalten mit stärkeren Ausgleichsvorgängen behaftet ist. Der Pufferwert f_{Puffer} kann neben einem Wert um den Nennwert f_{nenn} der Netzfrequenz f_N auch Null sein. In diesem Fall ist der Kondensatorspannungs-Istraumzeiger $\underline{u}_{Cme\beta}$ ein stehender Zeiger (Gleichspannung) und es können keine anderen Verbraucher mitversorgt werden, die auf Netzfrequenzspannungen angewiesen sind.

Gemäß dem Blockschaltbild eines Mehrachsenantriebs nach FIG 4 weist dieser pro Achse einen Motor 16₁, 16₂, 16₃, einen Ma-

trixumrichter 2_1 , 2_2 , 2_3 und eine Kommutierungskondensatorschaltung 6_1 , 6_2 , 6_3 auf. Die Kommutierungskondensatorschaltungen 6_1 , 6_2 und 6_3 sind eingangsseitig mit einer Drosselschaltung 8 verbunden, die eingangsseitig mittels einer

5 Schaltereinheit 10 mit einem speisenden Netz 12 verbindbar ist. Jede Kommutierungskondensatorschaltung 6_1 , 6_2 und 6_3 weist drei Kondensatoren C_1 , C_2 und C_3 auf, die hier in Dreieck geschaltet sind. Diese Kommutierungskondensatoren C_1 , C_2 und C_3 können auch in Stern geschaltet werden. Die Drossel-

10 schaltung 8 weist drei Induktivitäten L_1 , L_2 und L_3 auf, die jeweils in einer Zuleitung angeordnet sind. Die Schaltereinheit 10 weist drei Schalter S_1 , S_2 und S_3 auf, mit denen die Zuleitungen vom speisenden Netz 12 zur Drosselschaltung 8 aufgetrennt werden können. Eine Spannungsversorgungseinheit

15 14 ist eingangsseitig mit den Ausgängen der Schaltereinheit 10 und ausgangsseitig mit einem Versorgungsspannungsanschluss der Steuer- und Regeleinheit 4' verbunden. Dieser Steuer- und Regeleinrichtung 4' sind wenigstens zwei gemessene Netzspannungen u_{N3} , u_{N2} , zwei gemessene Kondensatorspannungen u_{C3} , u_{C2}

20 und zwei gemessene Netzströme i_{N3} , i_{N2} zugeführt. Diese Steuer- und Regeleinrichtung 4' ist ausgangsseitig mit den Steuereingängen der Schaltereinheit 10 und jeweils mit einer umrichter-nahen Steuer- und Regeleinrichtung $4''_1$, $4''_2$ und $4''_3$ verbunden. Jeder dieser Steuer- und Regeleinrichtungen $4''_1$,

25 $4''_2$ und $4''_3$ ist ein gemessener Drehzahl-Istwert $n_{\text{meß}}$ zugeführt. Von der Steuer- und Regeleinrichtung 4' werden generierte Signale n^*_1 , n^*_2 , n^*_3 und K_μ den umrichter-nahen Steuer- und Regeleinrichtungen $4''_1$, $4''_2$ und $4''_3$ zugeführt.

30 In der FIG 5 ist ein Signalflussplan des Mehrachsenantriebs nach FIG 4 näher dargestellt. Dieser Signalflussplan unterscheidet sich vom Signalflussplan gemäß FIG 2 dadurch, dass die Steuer- und Regeleinheit 4 nun in eine zentrale Einheit 4' und mehrere Umrichtereinheiten $4''_1$, $4''_2$ und $4''_3$ unterteilt

35 ist. Die zentrale Einheit 4' umfasst die Einrichtungen 28, 32 und 48 zum Erfassen eines Netzstrom-, eines Netzspannungs- und eines Kondensatorspannungs-Istwertzeigers $i_{\text{netzmeß}}$, $u_{\text{netzmeß}}$

und $u_{C_{\text{meß}}}$. Außerdem gehören zu dieser zentralen Einheit 4' der Blindstromregelkreis 30, die Vektorphasenregelkreise 54 und 72, die Netzspannungsüberwachungseinrichtung 62, die Ablaufsteuereinrichtung 70, der Phasenwinkelregelkreis 92 und ein abgewandelter Spannungsregelkreis 88. Diese Bausteine sind bereits ausführlich beschrieben, so dass an dieser Stelle auf eine Wiederholung verzichtet werden kann. Die Stellgröße für den Leistungsfaktor ist hier mit K_μ bezeichnet worden. Außerdem wird diese Stellgröße auch nicht direkt einem Eingang einer Steuereinheit 20₁, 20₂ bzw. 20₃ zugeführt, jeder Antrieb bewertet diese Stellgröße K_μ mit einem individuellen Bezugswert i_{Bezug} , der jeweils von einer Regeleinheit 18₁, 18₂ bzw. 18₃ der Umrichtereinheiten 4''₁, 4''₂ bzw. 4''₃ generiert wird. Der individuelle Bezugswert i_{Bezug} kann beispielsweise vom Netzstrom, vom Leerlaufstrom des Motors, vom Mindeststrom bei Feldschwächung oder von der augenblicklichen Blindstromleistungsfähigkeit des zugehörigen Antriebs abgeleitet sein. Es ist auch möglich, dass die individuellen Bezugswerte i_{Bezug} entsprechend einer gewünschten Aufteilung der Beiträge der Antriebe zum Gesamtblindstrom eingestellt werden. Durch diese individuelle Bearbeitung der Stellgröße K_μ kann damit die Steuerung der eingangsseitigen Blindströme für alle Antriebe des Mehrachsenantriebs mit dem gleichen Signal K_μ erfolgen.

Der Spannungsregelkreis 88 ist eine Einrichtung 108 zur Achskoordinierung nachgeschaltet, wobei zwischen dem Spannungsregelkreis 88 und der Einrichtung 108 zur Achskoordinierung eine Einrichtung 110 zur Bewertung eines Hauptgeschwindigkeits-Sollwertes n^{***} geschaltet ist. Mittels des Hauptgeschwindigkeits-Sollwertes n^{***} wird die Geschwindigkeit des gesamten Mehrachsenantriebs gesteuert. Die Einrichtung 110 zur Bewertung weist einen Multiplizierer 112 und einen Subtrahierer 114 auf. An einem Eingang des Multiplizierers 112 steht der Hauptgeschwindigkeits-Sollwert n^{***} und am zweiten Eingang ein Gewichtungsfaktor K_U , der am Ausgang des Subtrahierers 114 ansteht, an. Ausgangsseitig ist dieser Multiplizierer 112 mit einem Eingang der Einrichtung 108 zur Achskoordinierung ver-

knüpft. Am ersten Eingang des Subtrahierers 114 steht eine Konstante mit dem Wert Eins und sein zweiter Eingang ist mit dem Ausgang des Spannungsregelkreises 88 verknüpft. Da dieser Spannungsregelkreis 88 nur während des Puffer- und Synchronisierbetriebs aktiv ist, wird im Normalbetrieb der Hauptgeschwindigkeits-Sollwert n^{***} unverändert an die Einrichtung 108 zur Achskoordinierung weitergeleitet. Im Pufferbetrieb und während der Synchronisierung wird der Hauptgeschwindigkeits-Sollwert n^{***} so reduziert, dass die Gesamteinspeisung alle Antriebe in der Summe gleich Null ist, d.h., der Gesamtleistungsbedarf aus der kinetischen Energie des Mehrachsenantriebs gedeckt wird.

Bei der Einrichtung 108 zur Achskoordinierung kann es sich um eine Gleichlaufregleinrichtung, ein elektronisches Getriebe, elektronische Kurvenscheiben oder ähnliche Verkopplungen handeln, wie sie bei mehrachsigen Antriebskonfigurationen üblich sind. Durch eine komplexere Gestaltung der Einrichtung 108 zur Achskoordinierung kann der Mehrachsenantrieb natürlich auch so gesteuert werden, dass im Pufferbetrieb und während der Synchronisierung einzelne Antriebe oder Antriebsgruppen mit unveränderter Geschwindigkeit weiterlaufen und nur einige Antriebe dieses Mehrachsenantriebs die Funktion "kinetische Pufferung" übernehmen. Analog zur Vorgehensweise bei einem Einzelantrieb lässt sich auch hier mit Hilfe eines Hochlaufgebers nach Netzwiederkehr und erfolgter Synchronisierung eine langsame Rückkehr zur ursprünglichen Hauptgeschwindigkeit erreichen. Die genannten übrigen Einheiten dieser zentralen Einheit 4' arbeiten weitgehend wie bei einem Einzelantrieb gemäß der FIG 2. Diese zentrale Einheit 4' kann in einer getrennten Signalverarbeitung realisiert werden. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, diese zentrale Einheit 4' einem Antrieb, beispielsweise einem Master-Antrieb, des Mehrachsenantriebs zuzuordnen. Diese zentrale Einheit 4' kann auch auf die Signalverarbeitung der einzelnen Antriebe verteilt werden.

Da die Steuereinheit 20 des Matrixumrichters 2 die geglätteten Komponenten des ermittelten Kondensatorspannungs-Istraumzeigers $\underline{u}_{Cme\beta}$ (Eingangsspannungs-Istraumzeiger) benötigt, werden jedem Antrieb des in FIG 4 dargestellten Mehrachsenantriebs die gemessenen Kondensatorspannungen u_{C1} , u_{C2} und u_{C3} zugeführt. Gemäß dem zugehörigen Signalflussplan der FIG 5 weist jede Umrichtereinheit 4"1, 4"2 bzw. 4"3 eine Einrichtung 481, 482 bzw. 483 zum Erfassen eines Kondensatorspannungs-Istraumzeigers $\underline{u}_{Cme\beta}$ auf. Da die Komponenten dieses ermittelten Kondensatorspannungs-Istraumzeigers $\underline{u}_{Cme\beta}$ geglättet werden müssen, sind ein Glättungsfilter 461, 462 bzw. 463 und ein Vektorphasenregelkreis 541, 542 bzw. 543 der Einrichtung 481, 482 bzw. 483 nachgeschaltet. Ausgangsseitig sind das Glättungsfilter 461, 462 bzw. 463 und der Vektorphasenregelkreis 541, 542 bzw. 543 jeweils mit einem korrespondierenden Eingang der Steuereinheit 201, 202 bzw. 203 verknüpft. Die Umrichtereinheit 4"1, 4"2 bzw. 4"3 weist außerdem zur individuellen Bewertung des Stellsignals K_μ für den Leistungsfaktor einen Multiplizierer 1161, 1162 bzw. 1163 auf. An einem Eingang dieser Multiplizierer 1161, 1162 bzw. 1163 steht das generierte Stellsignal K_μ und am anderen Eingang steht ein Bezugsstromwert i_{Bezug1} , i_{Bezug2} bzw. i_{Bezug3} an. Ausgangsseitig ist der Multiplizierer 1161, 1162 bzw. 1163 mit dem Eingang für die Stellgröße des Leistungsfaktors der Steuereinheit 201, 202 bzw. 203 verbunden.

In der FIG 6 ist eine Variante des Mehrachsenantriebs nach FIG 4 dargestellt. Diese Variante des Mehrachsenantriebs unterscheidet sich vom Mehrachsenantrieb nach FIG 4 dadurch, dass jedem Antrieb eine Drossелеinheit 81, 82 bzw. 83 zugeordnet ist. Dadurch weist jeder Antrieb des Mehrachsenantriebs ein eigenes Netzfilter auf, das jeweils von den Induktivitäten L1, L2 und L3 der Drossелеinheit 81, 82 bzw. 83 und den Kondensatoren C1, C2 und C3 der Kommutierungskondensatorschaltung 61, 62 bzw. 63 gebildet wird. Dadurch wird nun von der zentralen Einheit 4' die Spannungen vor und nach der Schalteinheit 10 ausgewertet. Somit besteht der Mehrachsenan-

trieb aus mehreren Einzelantrieben gemäß FIG 1, die eingangs-
seitig elektrisch parallel geschaltet sind.

In der FIG 7 ist ein zugehöriger Signalflussplan zum Mehrach-
senantrieb gemäß FIG 6 näher dargestellt. Dieser Signalfluss-
plan unterscheidet sich vom Signalflussplan gemäß FIG 5 da-
durch, dass anstelle einer Einrichtung 28 zum Erfassen eines
Netzstrom-Istromzeigers $i_{\text{netzmeß}}$ mit nachgeschalteten Blind-

stromregelkreis 30 ein Vorsteuerwert $i_{\mu \text{ normal}}^*$ vorgesehen ist.

Dadurch weist nun jede Umrichtereinheit $4''_1$, $4''_2$ bzw. $4''_3$ ei-
nen Blindstromregelkreis 30_1 , 30_2 bzw. 30_3 auf. Ausgangsseitig
ist jeder Blindstromregelkreis 30_1 , 30_2 bzw. 30_3 der Umrichte-
reinheiten $4''_1$, $4''_2$ bzw. $4''_3$ mit einem Eingang für die Stell-
größe des Leistungsfaktors der Steuereinheit 20_1 , 20_2 bzw. 20_3

verknüpft. Dadurch regelt im Normalbetrieb jeder Antrieb des
Mehrachsenantriebs einen eigenen Blindstrom. Diese Stellein-
gänge werden im Pufferbetrieb und bei der Synchronisation zur
Regelung des Winkels der Sammelschienenenspannung benutzt.

Bei einem Mehrachsenantrieb müssen nicht alle Einzelantriebe
vom Typ Matrixumrichter sein. Die Kombination mit anderen Um-
richtern, z.B. konventionellen Zwischenkreisumrichtern, ist
möglich. Falls ein solcher Umrichter mit einer selbstgeführ-
ten Einspeiseschaltung, auch als Aktiv Front End (AFE) be-
zeichnet, ausgeführt wird, kann er sich vorteilhaft an der

Lieferung der Kondensatorblindleistung beteiligen oder diese
ganz übernehmen. Dies liegt nahe, da ein Umrichter mit Aktiv
Front End im Gegensatz zu einem Matrixumrichter - bei einem
schwach belasteten Antrieb - auf der Einspeiseseite den Maxi-
malstrom des Umrichters als Blindstrom liefern kann. Diese
Variante funktioniert auch, wenn der Spannungszwischenkrei-
sumrichter keinen Wechselrichter aufweist, d.h., dass der Ak-
tiv Front End-Stromrichter nur einen Kondensator speist. In
diesem Fall ist der AFE-Stromrichter ein reiner Blindleis-
tungslieferant.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Überbrückung von kurzzeitigen Netzausfällen bei einem Matrixumrichter (2) mit mehreren netzseitigen Kom-
5 mutierungskondensatoren (C_1, C_2, C_3) und einer netzseitigen Schaltereinheit (10), wobei bei einem ermittelten Netzausfall der Matrixumrichter (2) umgehend vom speisenden Netz (12) ge-
trennt wird und dieser während des Pufferbetriebes derart ge-
regelt wird, dass sich an seinem Eingang ein Kondensatorspan-
10 nungs-Istraumzeiger ($\underline{u}_{Cme\beta}$) einstellt, dessen Amplitude (u_c) und Phasenwinkel (γ_c) jeweils einen vorbestimmten Wert ein-
nimmt, wobei bei Wiederkehr der Netzspannung dieser einge-
stellte Kondensatorspannungs-Istraumzeiger ($\underline{u}_{Cme\beta}$) während ei-
nes Synchronisierbetriebs (P) einem ermittelten Netzspan-
15 nungs-Istraumzeiger ($\underline{u}_{netzme\beta}$) solange nachgeführt wird, bis beide zusammenfallen und wobei dann der Matrixumrichter (2) wieder an das speisende Netz (12) geschaltet wird.
2. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche,
20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass jeweils eine Blindstromstellgröße für einen Normal-, Puffer- und Syn-
chronisierbetrieb (N,P,S) des Matrixumrichters (2) fest vor-
gegeben wird.
3. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei bei
25 mehreren Matrixumrichtern (2) kurzzeitige Netzausfälle über-
brückt werden, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass eine erzeugte Blindstromstellgröße jeweils mit einem in-
dividuellen Bezugswert ($i_{Bezug1}, i_{Bezug2}, i_{Bezug3}$) eines Antriebs be-
30 wertet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass aus ge-
messenen Kondensatorspannungen (u_{C1}, u_{C2}, u_{C3}) zwei orthogonale
35 Spannungskomponenten ($u_{C\alpha}, u_{C\beta}$) eines Kondensatorspannungs-
Istraumzeigers ($\underline{u}_{Cme\beta}$) gebildet werden, aus denen mit Hilfe
eines geglätteten Phasenwinkels (γ_c) dieses Kondensatorspan-

nungs-Istraumzeigers ($\underline{u}_{Cme\beta}$) dessen Amplitude (u_c) und Phasenwinkel (γ_c) bestimmt werden, wobei dieser Phasenwinkel (γ_c) in Abhängigkeit eines Nennwertes (f_{nenn}) der Netzfrequenz (f_N) geglättet wird.

5

5. Verfahren nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass aus gemessenen Phasenspannungen (u_{N1}, u_{N2}, u_{N3}) zwei orthogonale Spannungskomponenten ($u_{N\alpha}, u_{N\beta}$) eines Netzspannungs-Istraumzeigers ($\underline{u}_{netzme\beta}$) gebildet werden, die anschließend in polare Komponenten ($\underline{u}_{netzme\beta}, \gamma_{netz}$) gewandelt werden, dass die Amplitude

10

($u_{netz\ me\beta}$) des zu ermittelten Netzspannungs-Istraumzeigers ($\underline{u}_{netzme\beta}$) mit einem Amplituden-Sollwert (u_{Nenn}) verglichen wird und eine festgestellte Abweichung (Δu_{netz}) für die Umschaltung von Normal- in Pufferbetrieb (N,P) und von Puffer- in Synchronisierbetrieb (P,S) ausgewertet wird, und dass der Phasenwinkel (γ_{netz}) des ermittelten Netzspannungs-Istraumzeigers ($\underline{u}_{netzme\beta}$) mittels eines Nennwertes (f_{nenn}) der Netzfrequenz (f_N) geglättet wird.

15

20

6. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass in Abhängigkeit einer ermittelten Amplitudenabweichung (Δu_c) der Amplitude (u_c) des Kondensatorsspannungs-Istraumzeigers ($\underline{u}_{Cme\beta}$)

25

zur Amplitude (u_{Nenn}) des Netzspannungs-Istraumzeigers ($\underline{u}_{netzme\beta}$) und in Abhängigkeit einer ermittelten Phasenwinkelabweichung ($\Delta \gamma$) des Phasenwinkels (γ_c) des Kondensatorsspannungs-Istraumzeigers ($\underline{u}_{Cme\beta}$) zum Phasenwinkel (γ_{netz}) des Netzspannungs-Istraumzeigers ($\underline{u}_{netzme\beta}$) der Matrixumrichter (2) wieder an das

30

speisende Netz (12) geschaltet wird und vom Synchronisierbetrieb (S) in den Normalbetrieb (N) gewechselt wird.

7. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass bei der Regelung des Kondensatorsspannungs-Istraumzeigers ($\underline{u}_{Cme\beta}$) auf

35

einen Kondensatorspannungs-Sollraumzeiger Vorsteuerwerte für dessen Komponenten verwendet werden.

8. Verfahren nach Anspruch 5,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass der Vorsteuerwert für die Amplitudenregelung ein Wert einer zu erwartenden Verlustleistung ($P_{\text{puff vor}}$) des Matrixumrichters (2) ist.

10 9. Verfahren nach Anspruch 7,

10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass der Vorsteuerwert für die Phasenwinkelregelung ein Wert eines zu erwartenden Blindstromes eines Netzstrom-Raumzeigers ($i_{\text{netzmeß}}$) ist.

15

10. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche,

15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass vom Synchronisierbetrieb (S) in den Normalbetrieb (N) bzw. vom Normalbetrieb (N) in den Pufferbetrieb (P) umgeschaltet wird, 20 sobald die Amplitude ($u_{\text{netz meß}}$) des erfassten Netzspannungs-Istraumzeigers ($\underline{u}_{\text{netzmeß}}$) eine untere bzw. eine obere Toleranzgrenze überschreitet.

11. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch

25 1 mit einer Schaltereinheit (10), d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass diese Vorrichtung jeweils eine Einrichtung (48,32) zur Erfassung eines Kondensatorspannungs- und eines Netzspannungs-Istraumzeigers ($\underline{u}_{\text{Cmeß}}$, $\underline{u}_{\text{netzmeß}}$), einen Spannungsregelkreis (88), einen Phasen-

30 winkelregelkreis (90), eine Netzspannungsüberwachungseinrichtung (62), mehrere Umschalter (80,82,84) und eine Ablaufsteuer-
einrichtung (70) aufweist, dass der Spannungsregelkreis (88) eingangsseitig jeweils mit einem Amplitudenausgang der Einrichtung (48,32) zur Erfassung eines Kondensatorspannungs-
35 und eines Netzspannungs-Istraumzeigers ($\underline{u}_{\text{Cmeß}}$, $\underline{u}_{\text{netzmeß}}$) verbunden

ist, der ausgangsseitig mittels eines ersten Umschalters (80) mit einem Sollwert-Eingang der Steuer- und Regeleinrichtung

(4) des Matrixumrichters (2) verbindbar ist, dass der Phasenwinkelregelkreis (90) eingangsseitig jeweils mit einem Phasenwinkelausgang der Einrichtungen (48,32) zur Erfassung eines Kondensatorspannungs- und eines Netzspannungs-Istraumzeigers ($\underline{u}_{Cme\beta}$, $\underline{u}_{netzme\beta}$) verbunden ist, der ausgangseitig mittels eines zweiten Umschalters (84) mit einem Steuereingang der Steuer- und Regeleinrichtung (4) des Matrixumrichters (2) verbindbar ist, dass die Ausgänge der Einrichtung (48) zur Erfassung eines Kondensatorspannungs-Istraumzeigers ($\underline{u}_{Cme\beta}$) mit zwei weiteren Steuereingängen der Steuer- und Regeleinrichtung (4) des Matrixumrichters (2) verknüpft sind, und dass die Ablaufsteuereinrichtung (70) eingangsseitig jeweils mit einem Regeldifferenz-Ausgang des Spannungsregelkreises (88), des Phasenregelkreises (90) und der Netzspannungsüberwachungseinrichtung (62), die eingangsseitig mit einem Amplitudenausgang der Einrichtung (32) zur Bestimmung eines Netzspannungs-Istraumzeigers ($\underline{u}_{netzme\beta}$) verknüpft ist, und ausgangseitig jeweils mit einem Steuereingang der Umschalter (80,82,84) und mit einem Steuereingang der Schaltereinheit (10) verbunden ist.

12. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 mit einer Schaltereinheit (10), d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Vorrichtung jeweils eine Einrichtung (48,32) zur Erfassung eines Kondensatorspannungs- und Netzspannungs-Istraumzeigers ($\underline{u}_{Cme\beta}$, $\underline{u}_{netzme\beta}$), einen Spannungsregelkreis (88), eine Ablaufsteuereinrichtung (70) und mehrere Umschalter (80,104,106) aufweist, dass der Spannungsregelkreis (88) eingangsseitig jeweils mit einem Amplitudenausgang der Einrichtung (48,32) zur Erfassung eines Kondensatorspannungs- und eines Netzspannungs-Istraumzeigers ($\underline{u}_{Cme\beta}$, $\underline{u}_{netzme\beta}$) verbunden ist und ausgangseitig mittels eines ersten Umschalters (80) mit einem Sollwert-Eingang der Steuer- und Regeleinrichtung (4) des Matrixumrichters (2) verbindbar ist, dass an den Eingängen des zweiten bzw. dritten Umschalters (104,106) jeweils ein Steuerwert ansteht, dass die Phasenwinkelausgänge der Einrichtungen (32,48) jeweils

- mit einem Eingang eines Phasenwinkel-Vergleichers (96) verknüpft ist, dessen Ausgang mit einem Steuereingang der Steuer- und Regeleinrichtung (4) des Matrixumrichters (2) und der Ablaufsteuereinrichtung (70) verbunden ist, dass der Ausgang des dritten Umschalters (104), der Amplituden-Ausgang und der Phasenwinkel-Ausgang der Einrichtung (48) zur Erfassung eines Kondensatorspannungs-Istromzeigers ($\underline{u}_{Cme\beta}$) jeweils mit weiteren Steuereingängen der Steuer- und Regeleinrichtung (4) des Matrixumrichters (2) verbunden sind, dass dem Amplituden-
- 10 Ausgang der Einrichtung (32) zur Erfassung eines Netzspannungs-Istromzeigers ($\underline{u}_{netzme\beta}$) eine Netzspannungsüberwachungseinrichtung (72) nachgeschaltet ist, und dass die Ablaufsteuereinrichtung (70) eingangsseitig jeweils mit einem Regeldifferenz-Ausgang des Spannungsregelkreises (88) und der Netzspannungsüberwachungseinrichtung (72) und dem Phasenwinkel-
- 15 verglicher (96) und ausgangsseitig jeweils mit einem Steuereingang der Umschalter (80,104,106) und mit einem Steuereingang der Schaltereinheit (10) verbunden ist.
- 20 13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass den Phasenausgängen der Einrichtung (48,32) zur Erfassung eines Kondensatorspannungs- und eines Netzspannungs-Istromzeigers ($\underline{u}_{Cme\beta}$, $\underline{u}_{netzme\beta}$) jeweils ein Vektorphasenregelkreis (54,72) nach-
- 25 geschaltet sind,
14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass der Ausgang des zweiten Umschalters (106) mit einem Frequenzeingang des Vektorphasenregelkreises (54) verbunden ist, der dem Phasenausgang der Einrichtung (48) zur Erfassung eines Kondensatorspannungs-Istromzeigers ($\underline{u}_{Cme\beta}$) verknüpft ist,
- 30
15. Vorrichtung nach Anspruch 10,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Einrichtungen (48,28) zur Erfassung des Kondensatorspannungs- und des Netzstrom-Istromzeigers ($\underline{u}_{Cme\beta}$, $\underline{i}_{netzme\beta}$) jeweils einen
- 35

Koordinatenwandler (50,34) mit nachgeschaltetem Vektordreher (52,36) aufweisen.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 oder 11,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Einrichtung (32) zur Erfassung des Netzspannungs-Istraumzeigers ($\underline{u}_{\text{netzmeß}}$) zwei in Reihe geschaltete Koordinatenwandler (42,44) aufweist.

10 17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 oder 11,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass dem Amplituden-Ausgang der Einrichtung (48) zur Erfassung eines Kondensatorspannungs-Istraumzeigers ($\underline{u}_{C\text{meß}}$) eine Glättungseinrichtung (46) nachgeschaltet ist.

15 18. Vorrichtung nach Anspruch 10,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass dem Phasenwinkel-Ausgang der Einrichtung (32) zur Erfassung eines Netzspannungs-Istraumzeigers ($\underline{u}_{\text{netzmeß}}$) ein Vektorphasenregel-

20 kreis (72) nachgeschaltet ist.

19. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass der Spannungsregelkreis (88) einen Vergleicher (94) mit nachgeschalteten Regler (86) aufweist.

20. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 17,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass der Phasenwinkelregelkreis (92) eingangsseitig einen Vergleicher

30 (96) mit nachgeschalteten Regler (90) aufweist.

21. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 17,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass der Phasenwinkelregelkreis (92) eingangsseitig einen Vergleicher

35 (96) und ausgangsseitig einen Regler (90) aufweist, der eingangsseitig mittels eines dritten Umschalters (82) mit dem Ausgang des Vergleichers (96) verknüpft ist, dessen zweiter

Eingang mit einem Phasenwinkel-Ausgang der Einrichtung (48) zur Erfassung eines Kondensatorspannungs-Istraumzeigers ($\underline{u}_{Cme\beta}$) verbunden ist.

5 22. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Vor-
richtung Bestandteil der Steuer- und Regeleinrichtung (4) des
Matrixumrichters (2) ist.

10 23. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Vor-
richtung ein Signalprozessor ist.

Zusammenfassung

Verfahren und Vorrichtung zur Überbrückung von kurzzeitigen Netzausfällen bei einem Matrixumrichter

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Überbrückung von kurzzeitigen Netzausfällen bei einem Matrixumrichter (2) und auf eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

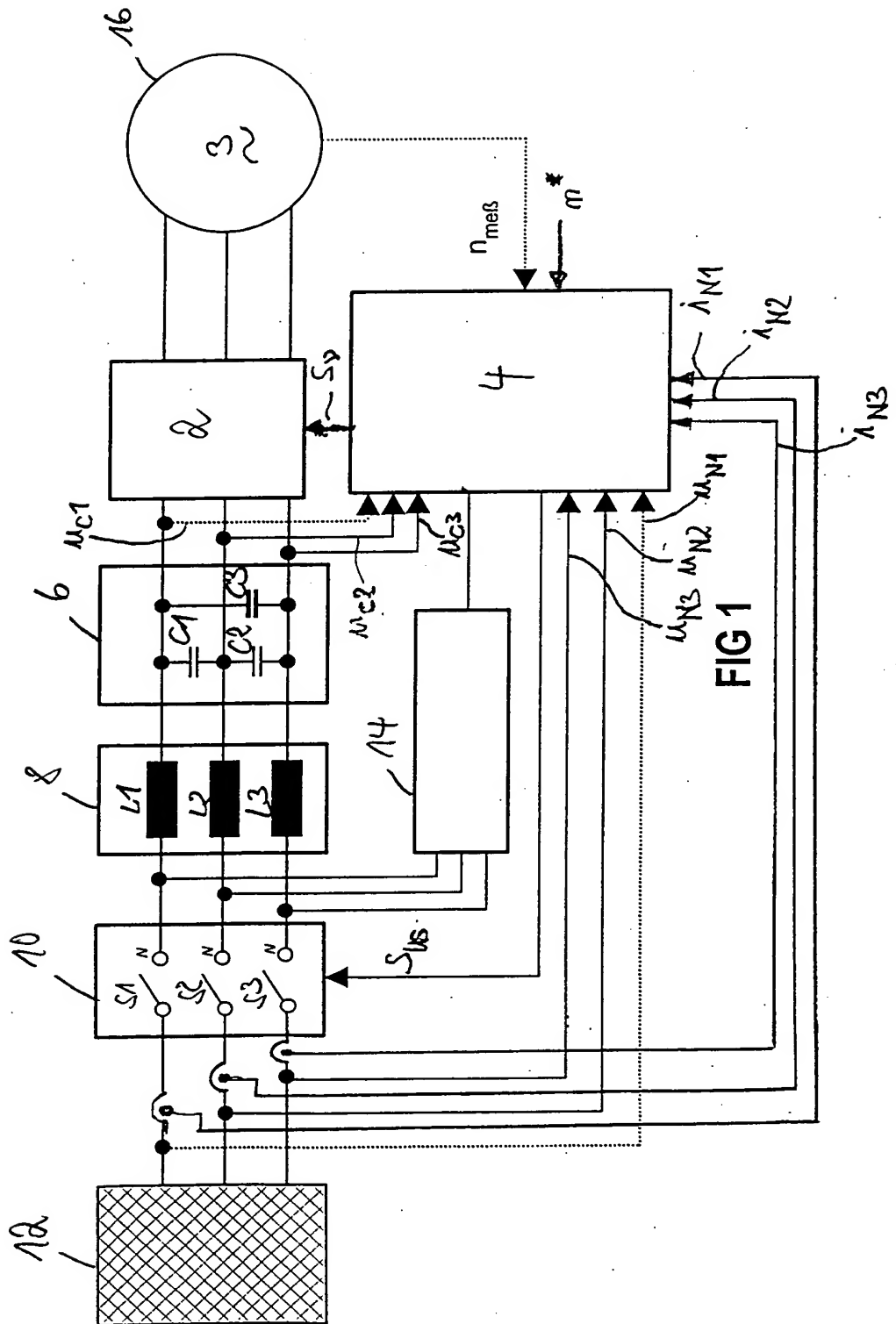
10

Erfindungsgemäß wird bei einem ermittelten Netzausfall der Matrixumrichter (2) vom speisenden Netz (12) getrennt und in einen Pufferbetrieb (P) gewechselt, in dem ein ermittelter Kondensatorspannungs-Istraumzeiger ($\underline{u}_{Cmeß}$) auf einem vorbestimmten Raumzeiger geregelt wird, wobei bei Netzwiederkehr dieser Kondensator-Istraumzeiger ($\underline{u}_{netzmeß}$) synchronisiert wird

15

und wobei bei Synchronität der Matrixumrichter (2) wieder anspeisende Netz (12) geschaltet wird. Somit kann die kinetische Pufferung auch von einem Matrixumrichter (2) ausgeführt werden.

20 FIG 1



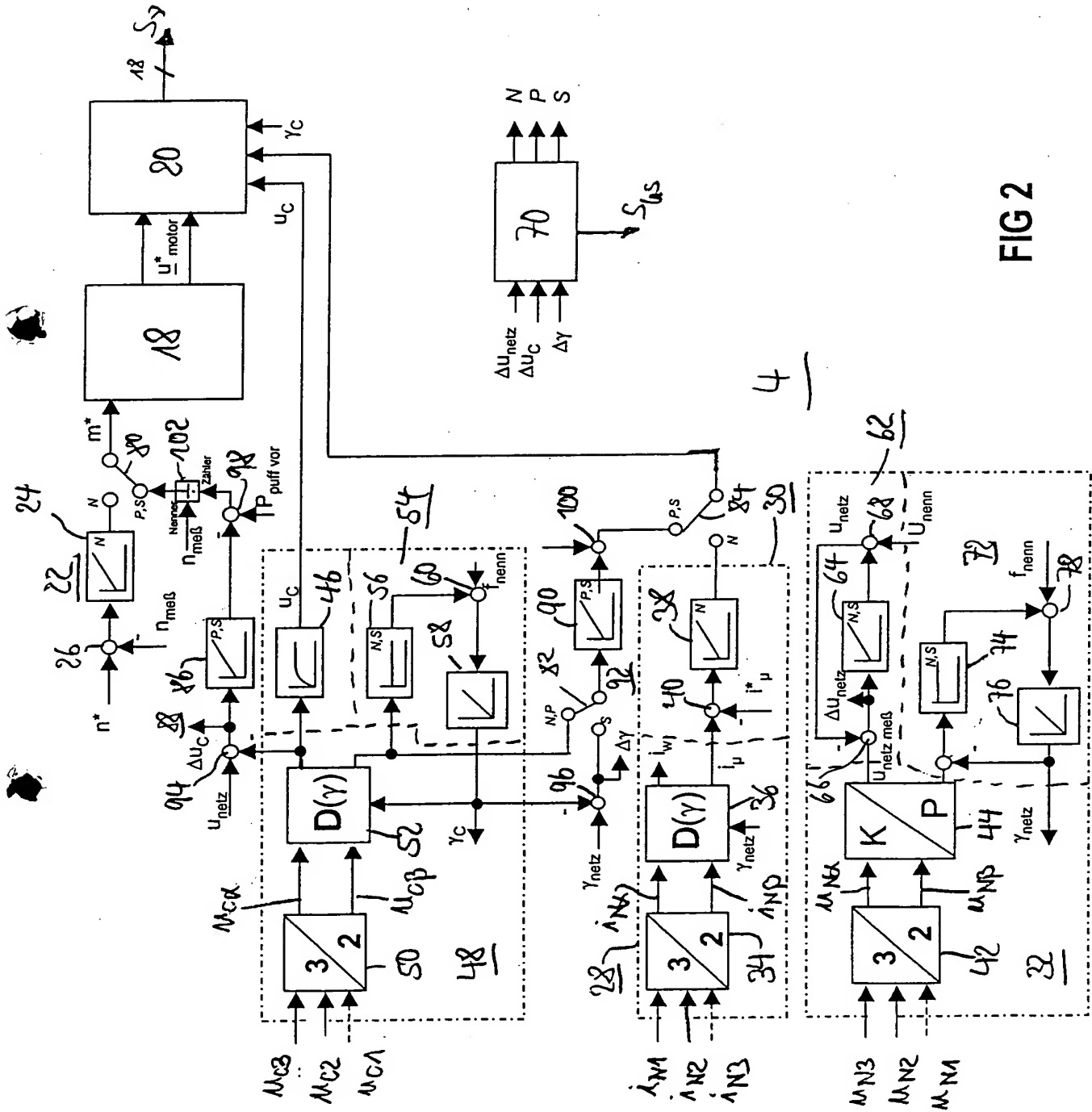


FIG 2

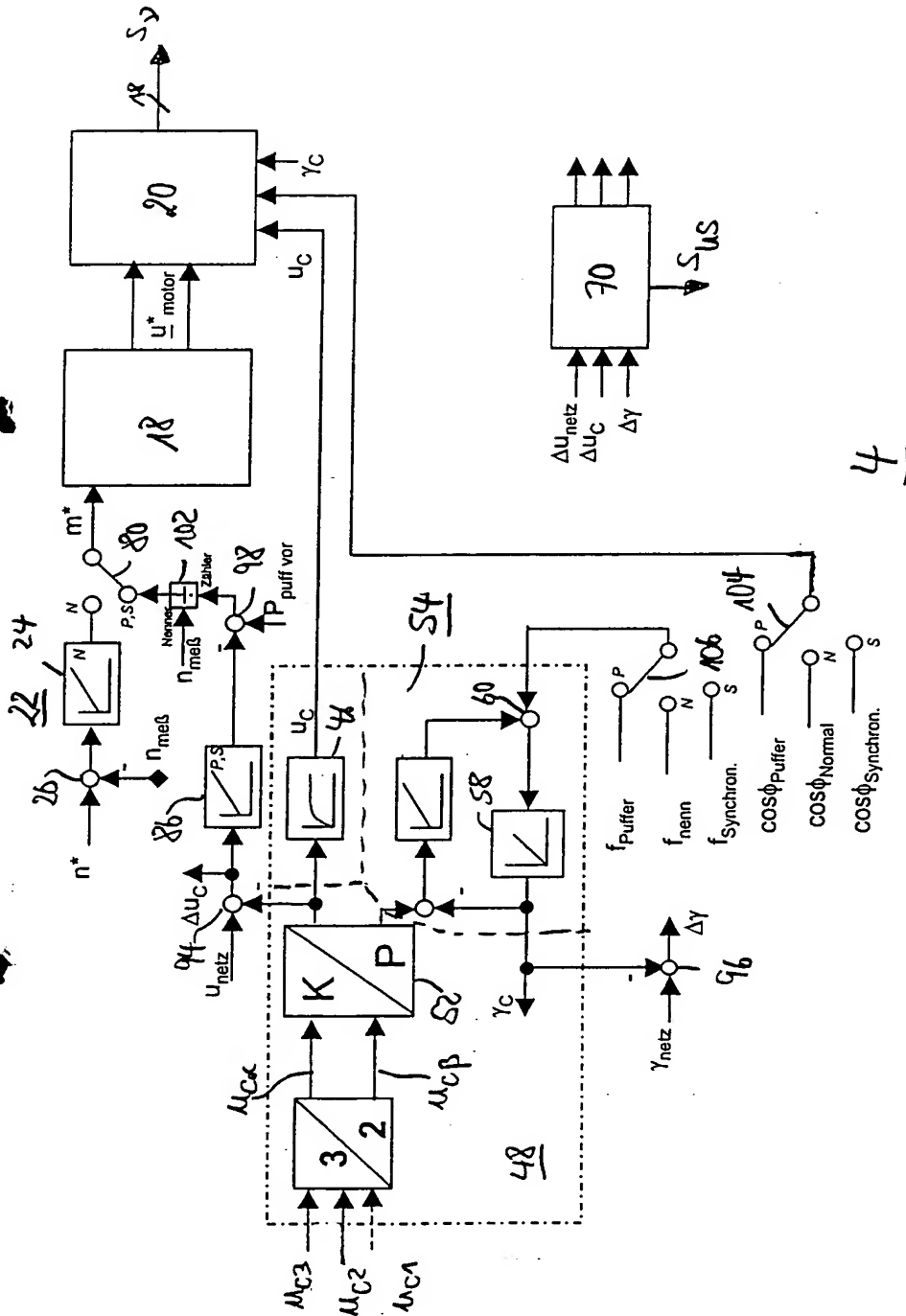
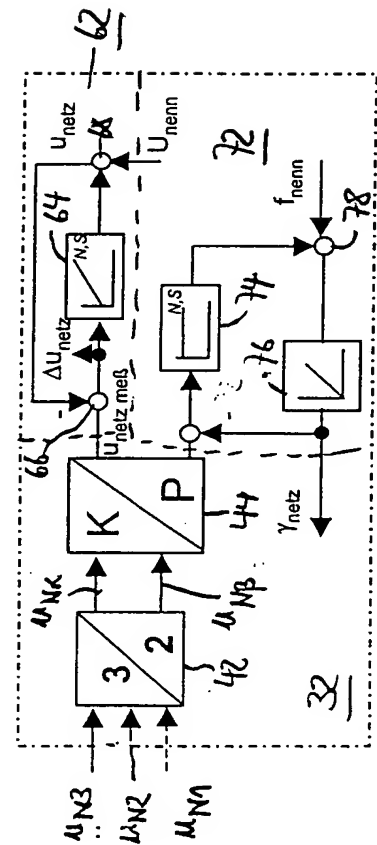


FIG 3



4/7

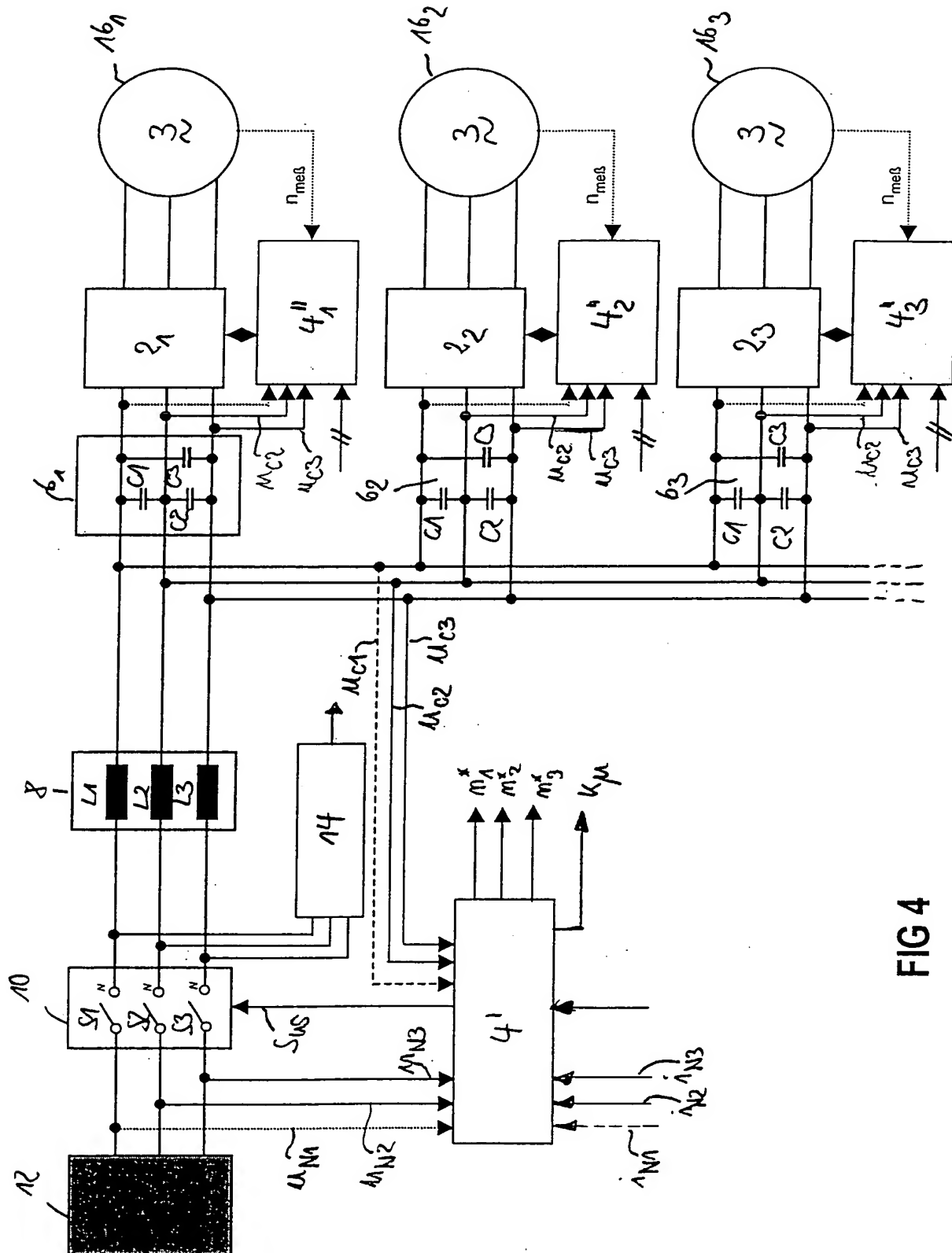


FIG 4



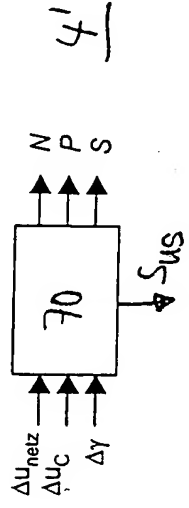
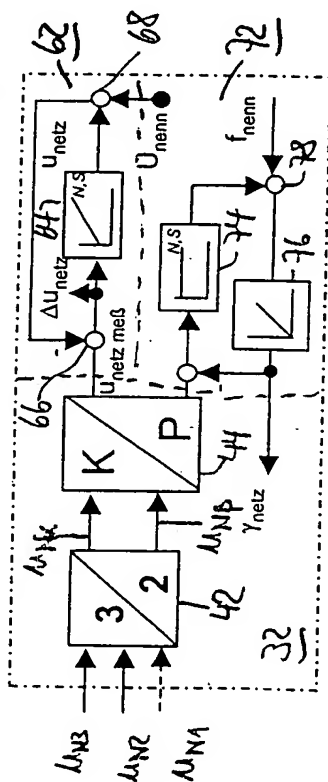
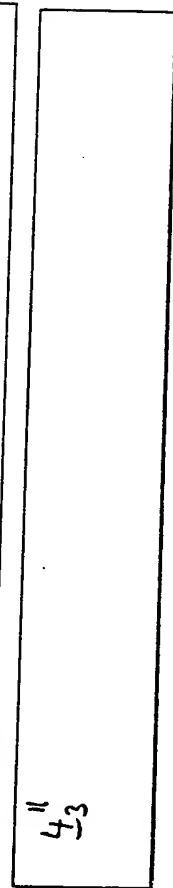
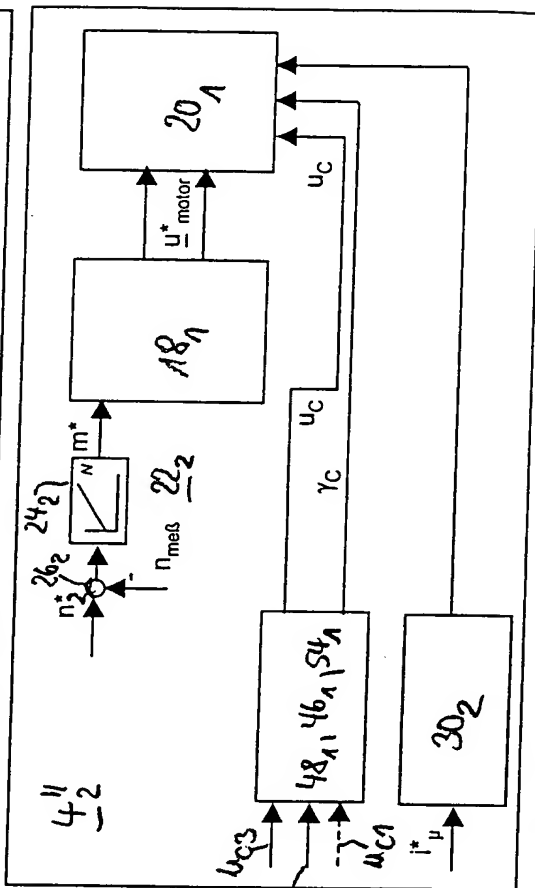
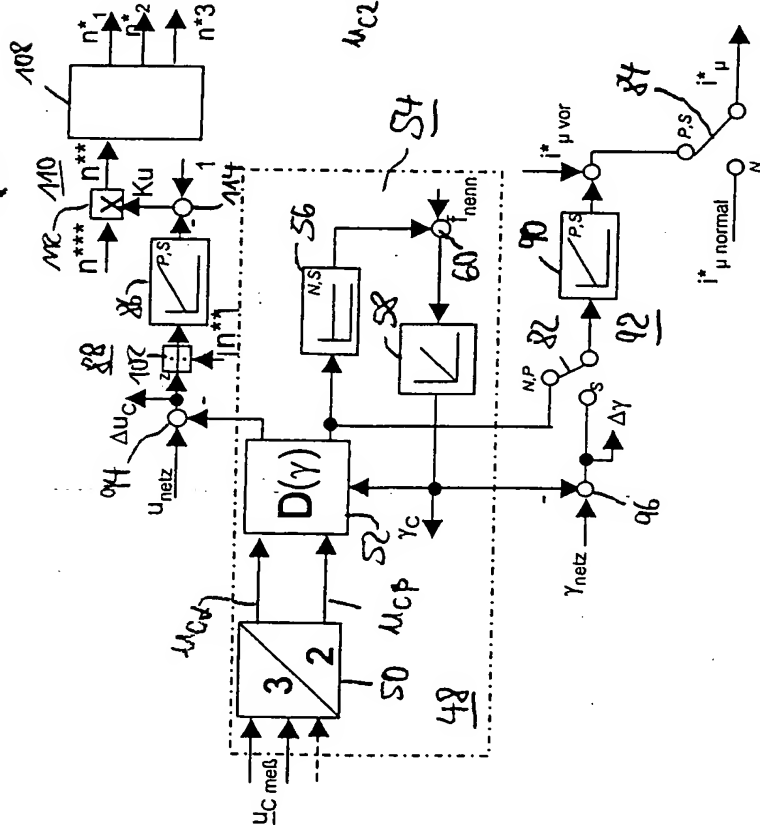


FIG 7